

EP 29465 (4)

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

2.082.025

(A utiliser que pour
le classement et les
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national

69.45040

(A utiliser pour les paiements d'annuités,
les demandes de copies officielles et toutes
autres correspondances avec l'INPI)

(15) BREVET D'INVENTION

PREMIÈRE ET UNIQUE
PUBLICATION

(22) Date de dépôt..... 18 décembre 1969, à 10 h 15 mn.
Date de la décision de délivrance..... 15 novembre 1971.
Publication de la délivrance..... B.O.P.I. — «Listes» n. 49 du 10-12-1971.

(51) Classification internationale (Int. Cl.).. B 23 k 9/00//B 23 k 35/00.

(71) Déposant : Société dite : CENTRE DE RECHERCHES DE PONT-A-MOUSSON,
résidant en France.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire :

(54) Procédé de soudage de la fonte à graphite sphéroïdal.

(72) Invention de :

(33) (32) (31) Priorité conventionnelle :

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27 rue de la Convention - PARIS (15^e)

La présente invention due aux travaux de Monsieur Pierre Joseph BOUVARD est relative au soudage de la fonte à graphite sphéroïdal.

Le soudage des pièces en fonte à graphite sphéroïdal est une
5 opération délicate en raison de la difficulté d'obtention d'une structure à graphite sphéroïdal dans le cordon de soudure. Il arrive en effet que cette structure ne soit pas à graphite sphéroïdal ou ne le soit que partiellement, à la suite de pertes d'agents de nodularisation par oxydation.

10 Pour un tel soudage, il est souhaitable que le matériau d'apport soit lui-même une fonte à graphite sphéroïdal de composition choisie de telle sorte que les caractéristiques mécaniques du joint réalisé entre les pièces soient compatibles avec celles du matériau de base constituant les pièces, particulièrement en ce qui concerne
15 la résistance à la traction, l'allongement à la rupture et la résilience.

Les procédés habituels de soudage de la fonte à graphite sphéroïdal utilisent soit le chalumeau oxyacétylénique soit l'arc électrique. Dans les deux cas le métal d'apport est plus ou moins bien
20 protégé contre l'oxydation et de toute manière, il existe toujours un risque de mélange accidentel entre l'atmosphère protectrice du chalumeau ou de l'arc et l'air ambiant. Ce risque est aggravé si le métal d'apport est fourni par une baguette ou un fil qui, étant placé dans la flamme ou l'arc, vient perturber l'écoulement du gaz
25 protecteur. Or, dans le cas où le métal d'apport est une fonte à graphite sphéroïdal, il contient obligatoirement un agent nodularisant tel que le magnésium, le cérium, le calcium etc, qui sont tous des éléments très oxydables. Une oxydation même accidentelle, du matériau d'apport pendant le soudage a donc pour conséquence une
30 perte préférentielle de l'agent nodularisant de sorte que le graphite du métal déposé peut, au moins localement, ne plus être sphéroïdal, mais lamellaire. Les caractéristiques mécaniques des joints réalisés s'en trouvent affectées.

par ailleurs, on connaît le procédé de soudage, c'est-à-dire
35 sans métal d'apport, de deux pièces bord à bord, au moyen d'un chalumeau à plasma d'arc selon la technique de l'arc transféré. En utilisant ce procédé, on pourrait réduire sérieusement les pertes par oxydation de manière à obtenir un métal refondu sinon à graphite sphéroïdal, du moins à graphite plus compact que le graphite
40 lamellaire. Ce procédé, néanmoins, n'apporte pas une sécurité abso-

lue en ce qui concerne l'élimination des risques d'oxydation. Par ailleurs, le joint réalisé entre les pièces n'est pas correctement rempli de sorte qu'il est nécessaire de compléter le cordon de soudure par des recharges.

5 La Demanderesse a trouvé qu'en utilisant une technique de soudage au moyen d'un chalumeau à double plasma d'arc, avec produit d'apport en poudre, les inconvénients ci-dessus étaient évités.

L'invention a donc pour objet un procédé de soudage de pièces en fonte à graphite sphéroïdal caractérisé en ce que l'on utilise
10 un chalumeau à double plasma d'arc et que l'on apporte au moyen de ce chalumeau un produit métallique qui est fondu et projeté simultanément au jet de plasma sur le joint des pièces à souder.

L'invention a également pour objet les pièces en fonte à graphite sphéroïdal soudées par le procédé ci-dessus, ces pièces étant
15 caractérisées en ce que l'analyse chimique et la structure métallurgique du dépôt sont celles d'une fonte à graphite sphéroïdal alliée ou non.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront au cours de la description qui va suivre.

20 Au dessin annexé donné uniquement à titre d'exemple :

la Fig. 1 est une vue schématique illustrant un cordon de soudure obtenu au moyen d'un chalumeau à plasma d'arc transféré, suivant une technique connue ;

la Fig. 2 est une vue schématique illustrant le procédé de
25 l'invention et le cordon de soudure obtenu ;

la Fig. 3 est une micrographie au grossissement 50 d'une pièce soudée et de la soudure obtenue par le procédé de l'invention ;

la Fig. 4 est une vue en coupe de deux pièces de forte épaisseur soudées en une passe suivant le procédé de l'invention et en
30 plusieurs passes suivant un procédé classique.

A la Fig. 1 sont représentées deux pièces P1 et P2 en fonte à graphite sphéroïdal, disposées bord à bord sans chanfrein (voir leurs tranches d'extrémités en traits interrompus) et soudées suivant le procédé connu du chalumeau à plasma d'arc transféré. La
35 soudure étant autogène, sans métal d'apport, le cordon de soudure C obtenu présente une surépaisseur ou saillie par rapport aux pièces P1 et P2 du côté de la pénétration, c'est-à-dire sur le dessin, à la partie inférieure, mais présente un creux à l'opposé, c'est-à-dire à la partie supérieure. En d'autres termes, le joint réalisé
40 est insuffisamment rempli.

Suivant l'exemple d'exécution de la Fig. 2, le procédé de l'invention appliqué au soudage des mêmes pièces P1 et P2 en fonte à graphite sphéroïdal, disposées bord à bord de la même manière, est mis en oeuvre au moyen de l'appareillage suivant : une buse 1 de
5 chalumeau à double plasma d'arc, refroidie à l'eau comporte intérieurement une cathode 2 en matériau réfractaire conducteur tel que le tungstène. L'orifice de la buse 1 forme une tuyère 3. La buse 1 est reliée à la borne positive d'un premier générateur G1 de plasma, à courant continu. La cathode 2 est reliée à la borne négative de
10 ce générateur. La pièce P1 et/ou la pièce P2 est reliée à la borne positive d'un deuxième générateur de plasma G2 à courant continu tandis que la cathode 2 est reliée à la borne négative de ce deuxième générateur.

Un gaz "plasmagène" réducteur ou neutre tel que l'azote, l'argon, l'hydrogène, l'hélium ou un mélange de ceux-ci est soufflé suivant les flèches 4 dans l'espace annulaire entre la buse 1 et la cathode 2.

Conformément à l'invention, la buse 1 est traversée par un conduit oblique 5 convenablement incliné vers le bas pour amener
20 par gravité ou par tout autre procédé d'entraînement mécanique un produit métallique d'apport sous forme pulvérulente 6. La poudre 6 de composition appropriée, peut être homogène ou composite. Cette poudre peut avantageusement contenir les éléments nécessaires :

- d'une part au réglage précis de la composition chimique du cordon de soudure : teneurs appropriées en carbone, manganèse, silicium, soufre, phosphore, éléments d'alliages éventuels tels que le cuivre, le nickel, etc...

- d'autre part à l'inoculation du bain en fusion dans le joint entre les pièces P1 et P2 (silicium, calcium).

30 - enfin à l'obtention d'une morphologie correcte du graphite : c'est-à-dire des éléments nodularisants tels que le magnésium, le cérium, l'yttrium, le scandium, ou tout autre agent parmi ceux utilisés en fonderie.

En outre, conformément à l'invention, les bords des pièces P1
35 et P2 sont coiffés par une pièce d'étanchéité 7 évidée le long du joint suivant un chenal 8 destiné à servir de conduit à un gaz de protection neutre ou réducteur tel que l'argon, l'azote, l'hydrogène, l'hélium ou un mélange de ces gaz. Ce gaz peut être simplement le gaz plasmagène 4 refroidi, comme il sera indiqué plus loin.

40 Enfin, comme connu en soi, le jet annulaire 10 du premier arc

de plasma peut être protégé lui-même par un écoulement annulaire suivant les flèches f d'un gaz de protection neutre ou réducteur tel que l'argon, l'azote l'hydrogène l'hélium ou un mélange de ces gaz. Ce gaz de protection peut être soufflé dans un espace annulaire compris entre la buse 1 et un manchon extérieur qui l'enveloppe, comme connu en soi.

SOUDAGE -

Les générateurs G1 et G2 sont placés sous tension, un gaz plasmagène est soufflé suivant les flèches 4 et un gaz de protection est éventuellement soufflé dans le chenal 8. Le générateur G1 provoque l'apparition d'un premier arc dans la région 9 située entre la surface intérieure de la buse 1 et l'extrémité de la cathode 2, au-dessus de l'orifice de la tuyère 3. Les gaz ionisés de cet arc sont soufflés au travers de l'orifice de la tuyère 3, suivant un jet 10.

Le générateur G2 provoque l'apparition d'un second arc ou jet de plasma 11 plus ou moins mêlé au jet 10 dans la région comprise entre la cathode 2 et les pièces P1 et P2 à souder, au travers de la tuyère 3.

La poudre métallique 6 entraînée par le gaz plasmagène suivant les flèches 4 est entièrement fondue en traversant le premier arc 9-10. Cette fusion a lieu dans l'atmosphère neutre ou réductrice du gaz plasmagène, dont l'écoulement n'est pas perturbé ni à l'intérieur ni à l'extérieur de la torche. Par ailleurs la fusion est complète et exempte d'oxydation, étant donné la température du jet de plasma, et le caractère neutre ou réducteur des gaz utilisés pour sa génération.

Le jet du plasma 11 du second arc fait fondre complètement la zone 12 du joint des pièces P1 et P2 à souder. Cette fusion a lieu également sans oxydation. Il en résulte que lorsque le métal d'apport en poudre 6 est convenablement choisi, le bain de fusion du cordon de soudure se solidifie sous forme de fonte à graphite sphéroïdal, si par ailleurs les conditions de refroidissement sont réglées d'une manière adéquate, par exemple par un choix judicieux de la température de préchauffage.

Par conséquent, grâce à la technique de soudage à double plasma d'arc 10 et 11, l'apport de métal provenant de la fusion de la poudre 6 est effectué dans des conditions remarquables de protection contre l'oxydation.

En outre, grâce au conduit incliné 5 d'alimentation en produit

métallique d'apport 6, en amont de la source du premier arc 9 l'écoulement du plasma 10 contenant le métal d'apport fondu n'est l'objet d'aucune perturbation contrairement aux procédés connus de soudage où le matériau d'apport est fourni sous la forme d'une baguette ou d'un fil extérieurs à la torche, cette baguette ou ce fil étant fondus au passage dans le jet de plasma.

Le jet de plasma 11 forme dans le joint des pièces P1 et P2 un trou qui est déplacé pendant que l'on déplace le chalumeau le long du joint des pièces P1 et P2. Au fur et à mesure du déplacement du chalumeau, le bain de métal en fusion qui se forme à l'arrière du trou se solidifie pour constituer le cordon de soudure.

La structure de ce cordon de soudure (micrographie de la Fig. 3) est à graphite sphéroïdal. Cette structure est exempte de cémentite et de carbures. Sur la Fig. 3 on voit dans la zone A des nodules de graphite du métal de base des pièces P1 et P2 et dans la zone B les nodules plus fins du métal refondu. Ces nodules sont plus fins car le refroidissement du cordon de soudure a été plus rapide que celui des bords des pièces P1 et P2. Cette finesse est une garantie de bonnes caractéristiques mécaniques du cordon de soudure.

Il suffit d'une seule passe pour fondre les bords des pièces P1 et P2 et former un cordon de soudure à profil convexe vers le haut.

A titre d'exemple le tableau ci-dessous représente les analyses chimiques obtenues en utilisant comme métal d'apport 6 une poudre de granulométrie convenable et composé de fer pur mélangé à un alliage de silicium et de mischmetal (qui est lui-même un mélange de métaux de terres rares dont le principal élément est le cérium)

	C	Si	Mn	S	P	Mg	Ce
Métal de base, fonte graphite sphéroïdal ferritique	3,54	2,61	0,20	0,009	0,054	0,027	
Cordon soudure	3,22	2,84	0,15	0,008	0,048	0,019	0,04
	le reste étant du fer						

Suivant la variante d'exécution de la Fig. 4 dans le cas de pièce de forte épaisseur P3 et P4 il est possible de réaliser par le procédé de l'invention la passe de pénétration et de former un premier cordon de soudure 13 puis de superposer au cordon 13 d'autres couches métalliques 14 en affectant plusieurs passes de soudure par un autre procédé que celui de l'invention.

REVENDICATIONS

1 - Procédé de soudage de pièces en fonte à graphite sphéroïdal caractérisé en ce que l'on utilise un chalumeau à double plasma d'arc (10 et 11) et que l'on apporte au moyen de ce chalumeau un produit métallique (6) qui est fondu et projeté simultanément au jet de plasma (10) sur le joint des pièces à souder (P1 et P2).

2 - Procédé suivant 1 caractérisé en ce que le produit métallique (6) est sous forme de poudre introduite par cavité par un conduit (5) à l'intérieur de la buse (1) du chalumeau, dans l'écoulement de gaz plasmagène (4).

3 - Procédé suivant 1 caractérisé en ce que de l'autre côté des jets de plasma (10) et (11), une pièce d'étanchéité (7) comportant un chenal (8) pour un gaz de protection est appliquée sur les pièces (P1) et (P2) dans la zone du joint à souder.

4 - Procédé suivant 1 dans lequel le produit métallique d'apport contient des agents d'inoculation, de graphitisation et de nodularisation choisis parmi le silicium, le calcium, le magnésium, le cérium, l'yttrium, le scandium ou des mélanges de ces agents, ou tout autre agent parmi ceux utilisés en fonderie.

5 - Assemblage soudé de pièces en fonte à graphite sphéroïdal caractérisé en ce que le cordon de soudure de cet assemblage a l'analyse chimique et la structure métallurgique d'une fonte à graphite sphéroïdal allié ou non.

6 - Assemblage soudé suivant 5 caractérisé en ce que le cordon de soudure a une structure à graphite sphéroïdal dans laquelle les nodules de graphite ont des dimensions inférieures à celle des nodules de la fonte de base des pièces (P1 et P2) soudées et sont répartis uniformément à travers le cordon.

